

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-019763

(43)Date of publication of application : 23.01.1989

(51)Int.Cl.

H01L 29/46

H01L 21/28

H01L 21/92

(21)Application number : 63-010543

(71)Applicant : ADVANCED MICRO DEVICES INC

(22)Date of filing : 19.01.1988

(72)Inventor : SHANKAR KRISHNA  
RAMANI RAM

(30)Priority

Priority number : 87 6000

Priority date : 22.01.1987

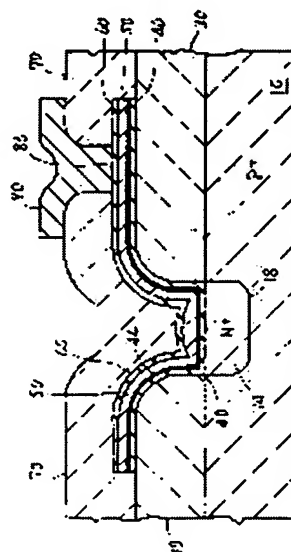
Priority country : US

## (54) IMPROVED INTEGRATED CIRCUIT STRUCTURE AND ITS FORMATION

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To reduce the diffusion of aluminum and silicon between a substrate and a second metallic layer by forming a novel multilayered conductive interconnection layer between the substrate and metallic layer and, at the same time, to reduce the formation of spikes or hillocks in an aluminum connection layer.

**CONSTITUTION:** A first oxide layer 30 having an aperture is formed on both sides of a doped area 14 on a substrate 10 and a lower barrier layer 40 is formed on the oxide layer 30 and doped area 14 as the first layer of a multilayered interconnection layer. The barrier layer 40 is formed of a material, such as a titanium-tungsten alloy, titanium nitride compound, etc., which can prevent the diffusion of silicon or aluminum to the adjacent layer. Then a conductive metallic layer 50 is created on the barrier layer 40. The layer 50 is formed of an aluminum-based metal. An upper barrier layer 60 is formed of a material selected from among titanium-tungsten alloys, molybdenum silicide, tantalum silicide, or titanium nitride. A second metallic layer 80 forms a junction with the upper layers 60 and 86 of the multilayered interconnection layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A) 昭64-19763

⑬ Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	⑭ 公開 昭和64年(1989)1月23日
H 01 L 29/46 21/28	3 0 1	R-7638-5F R-7638-5F T-7638-5F C-6703-5F T-7638-5F	
21/92 29/46		審査請求 未請求 請求項の数 20 (全 10 頁)	

⑮ 発明の名称 改良された集積回路構造および改良された集積回路構造を形成する方法

⑯ 特 願 昭63-10543

⑰ 出 願 昭63(1988)1月19日

優先権主張 ⑱ 1987年1月22日 ⑲ 米国(US) ⑳ 006,000

⑳ 発 明 者 クリシュナ・シヤンカ アメリカ合衆国、カリフォルニア州、マウンテン・ビュー  
ー シェラ・ヒスタ、509、ナンバー・2

㉑ 発 明 者 ラム・ラーマニ アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ホセ アラン  
ドウル・コート、4948

㉒ 出 願 人 アドバンスト・マイク アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サニイペイル ビ  
ロ・ダイバイシズ・イ  
ンコーポレーテッド イ・オウ・ボックス・3453、トンブソン・ブレイス、901

㉓ 代 理 人 弁理士 深見 久郎 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

改良された集積回路構造および改良された集積回路構造を形成する方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 基板と第2の金属層との間に形成される新規な多層導電相互接続層を含む、それらの間で導電金属とシリコンとの接触が減少されかつスパイクまたは小丘の形成が減少されることを特徴とする改良された集積回路構造であって、前記構造が

a) 少なくとも1個のドーパ領域と前記ドーパ領域に隣接する酸化物部分を有するシリコン基板と、

b) 前記基板の前記ドーパ領域と電気コンタクトし、TiWおよびTiNからなる層から選択される材料を含む下部導電バリア層と、

c) 前記下部導電層上に形成されかつそれとコンタクトする導電金属の中間層と、

d) 前記中間層上に形成され、TiW、Ti

N、MoSi<sub>x</sub>、およびTaSi<sub>x</sub>からなる、xが2またはそれ以上である層から選択される上部導電バリア層とを含む、前記下部層、中間層、および上部層が多層相互接続層として協働して機能を果たし、

e) それの少なくとも一部が前記相互接続層と電気コンタクトする、前記構造の前記第2の金属層を含む、構造。

(2) 導電金属の前記中間層がアルミニウムがベースの金属の2500Åないし3500Åの層を含む、特許請求の範囲第1項に記載の構造。

(3) 前記下部導電バリア層が800Åないし1500Åの層を含む、それを介して前記アルミニウムがベースの金属の中間層へ入るシリコンの拡散とそれを介して前記シリコン基板へ入る前記中間層からのアルミニウムの拡散とを抑制する、特許請求の範囲第2項に記載の構造。

(4) 前記下部導電バリア層がさらにその上部表面上の20Åないし50Åの酸化物の層を特徴とする、特許請求の範囲第3項に記載の構造。

- 1 -

- 2 -

特開昭64-19763(2)

(5) 前記下部バリヤ層が、その層を形成した後で、次にその上に前記中間層を形成する前に雰囲気中に前記層をさらすことにより形成されてその境界面に存在する酸化物をさらに除去とする、特許請求の範囲第4項に記載の方法。

(6) 前記上部導電バリヤ層が、それを通り前記中間層からアルミニウムが拡散してその上の他の層へ透じる小丘またはスパイクを形成することを抑制する、800Åないし1200Åの層を含む、特許請求の範囲第3項に記載の方法。

(7) 前記基板の前記ドーブシリコン領域がその表面で前記下部導電バリヤ層の下に形成される金属性化合物を有し、前記基板の前記ドーブ領域と前記相互接続層との間の導電性を高める、特許請求の範囲第6項に記載の方法。

(8) 基板と第2の金属層との間に形成される新規な多層導電相互接続層を含み、かつそれらの間で導電金属およびシリコンの拡散が減じられかつスパイクまたは小丘の形成が減じられることを特徴とする、改良された集積回路構造を形成する

- 3 -

第8項に記載の方法。

(10) 前記第1の酸化物および前記露出されたドーブシリコン基板上に前記シリコンに反応して金属性化合物を形成することができる金属の層を形成し、約500ないし700℃の温度まで前記構造を加熱して前記金属を溶解しかつ前記ドーブシリコン基板の表面上にかつその中に前記金属性化合物を形成し、さらに前記下部導電バリヤ層を形成する前に前記第1の酸化物層上の前記金属の未反応部分を除去するさらなるステップを含む、特許請求の範囲第8項に記載の方法。

(11) TiWおよびTiNからなる組から選択される材料を用いて前記下部導電バリヤ層を形成する前記ステップが、約10ないし30重量%のチタンおよび70ないし90重量%のタングステンを含むターゲットから前記構造上へ800Åから1500ÅのTiWをスパッタリングすることをさらに含む、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(12) 前記スパッタリングが少なくとも約

- 5 -

る方法であって、前記方法が

a) TiWおよびTiNからなる組から選択される材料を用いてシリコン基板上に前記基板のドーブ領域と電気コンタクトする下部導電バリヤ層を形成するステップと、

b) 前記下部導電バリヤ層上にそれとコンタクトする導電金属の中間層を形成するステップと、

c) TiW、MoSi<sub>2</sub>、TaSi<sub>2</sub>、およびTiNからなる、xが2またはそれ以上である組から選択される材料を用いて前記中間層上に上部導電バリヤ層を形成するステップとを含む、前記下部層、中間層、および上部層が多層相互接続層として堆積して構造を形成し、

d) それの少なくとも一部が前記相互接続層と電気コンタクトする第2の金属層を前記構造上に形成するステップを含む、方法。

(9) 前記基板上に開口を有する第1の酸化物層を形成し、その上に前記下部導電バリヤ層を形成する前に前記基板の前記ドーブ領域を露出させる、さらなるステップを含む、特許請求の範囲

- 4 -

100℃から400℃を超えない温度までの温度を維持しながら約5ないし15ミリのアルゴン雰囲気中で実行される、特許請求の範囲第11項に記載の方法。

(13) TiWおよびTiNからなる組から選択される材料を用いて前記下部導電バリヤ層を形成する前記ステップが、少なくとも約100℃から400℃を超えない温度までの温度を維持しながら約5から15ミリのアルゴン雰囲気中でTiNの重合ターゲットから前記構造上へ800Åから1300ÅのTiNをスパッタリングすることをさらに含む、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(14) TiWおよびTiNからなる組から選択される材料を用いて前記下部導電バリヤ層を形成する前記ステップが、少なくとも約100℃から400℃を超えない温度までの温度を維持しながら約5から15ミリのアルゴン雰囲気中でチタンのターゲットから前記構造上へ200Åから800Åのチタンをスパッタリングする第1

- 6 -

特開昭64-19763(3)

のステップと、同一反応条件の下で前記チタンの層上に窒化チタン(TiN)を反応的にスパッタリングして前記シリコン基板上に前記TiN層を形成する第2のステップとをさらに含む、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(15) 前記シリコン基板上に前記チタン層を付与する前記第1のステップの後に迅速な焼鈍が続ぎ、この焼鈍しが約600から800℃の温度まで約10秒の期間内にその構造を加熱し、次にこの温度で約30秒から1分の期間窒素の雰囲気中でその構造を維持し、シリコン表面を酸化しかつ前記チタンの少なくとも一部が前記シリコンに反応して窒化チタンを形成し、その表面でTiNバリアを形成する一方でシリコンへの良好な電気コンタクトを可能にすることを含む、特許請求の範囲第14項に記載の方法。

(16) 前記下部バリア層を形成する前記ステップの後に、前記新たに形成された下部バリア層を空気にさらすことによって少なくとも前記下部バリア層の表面を酸化してその上に酸化物の2

0Åないし50Åの層を形成するステップが続く、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(17) 前記下部導電バリア層上にそれとコンタクトする導電金属の前記中間層を形成する前記ステップが前記下部バリア層上にアルミニウムがベースの金属の2500Åないし3500Åの層を生成することをさらに含む、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(18) 前記上部バリア層を形成する前記ステップが少なくとも約100℃から400℃を超えない温度までの温度を維持しながら約5から15ミリのアルゴン雰囲気中で前記中間層上に800Åから1200Åの前記材料をスパッタリングすることをさらに含む、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(19) 前記相互接続層上に第2の酸化物を形成し、前記第2の酸化物をパターンニングして前記相互接続層の少なくとも一部を露出させ、さらに前記相互接続層の表面を酸化してその上に前記第2の金属層を形成する前にその上の酸

- 7 -

- 8 -

化物を除去するさらなるステップを含む、特許請求の範囲第9項に記載の方法。

(20) シリコン基板と第2の金属層との間に形成される新規な多層導電相互接続層を含み、かつそれらの間で導電金属およびシリコンの拡散が妨げられかつスパイクまたは小丘の形成が妨げられることを特徴とする、改良された集積回路構造を形成する方法であって、前記方法が

a) 前記シリコン基板上に開口を有する第1の酸化物を形成し、前記シリコン基板のドープ領域を露出させるステップと、

b) 100℃から400℃の温度を維持しながらTiWおよびTiNからなる組から選択される材料を用いて約5ないし15ミリの非反応性雰囲気中で前記基板の前記ドープ領域と電気コンタクトする800Åないし1500Åの厚さの下部導電バリア層を前記シリコン基板上にスパッタリングするステップと、

c) 前記下部導電バリア層を空気にさらしてその上に20Åないし50Åの酸化物を形成す

るステップと、

d) 前記酸化物を介して前記下部導電バリア層上にそれと電気コンタクトしてアルミニウムがベースの金属の2500Åないし3500Åの中間層を形成するステップと、

e) 100℃から400℃の温度を維持しながらTiW、TiN、MoSi<sub>x</sub>、およびTaSi<sub>y</sub>からなる、xが2またはそれ以上である組から選択される材料を用いて約5ないし15ミリの非反応性雰囲気中で前記中間層上に800Åないし1200Åの厚さの上部導電バリア層をスパッタリングするステップとを含む、前記下部導電中間層、および上部層が多層相互接続層として認識して機能果たし、

f) 前記相互接続層をパターンニングして前記基板およびその上の前記第1の酸化物上に導電ラインの予め選択されたパターンを形成するステップと、

g) 前記相互接続層上に第2の酸化物を形成するステップと、

- 10 -

- 9 -

特開昭64-19763(4)

h) 前記第2の酸化物をパターニングして前記相互接続層の一部を露出させるステップと、

i) 前記相互接続層の前記露出された一部を酸化して前記第2の酸化物の前記形成中にそれの上に形成された酸化物を除去するステップと、

j) それの少なくとも一部が前記相互接続層と電気コンタクトする第2のアルミニウムがベースの金属層を前記構造上に形成するステップを含む、方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 発明の背景

##### 1. 発明の分野

この発明は集積回路構造のための改良された相互接続とそれを製造する方法に関連する。特に、この発明は2個以上の導電金属層を有する集積回路構造のための新規な多層相互接続に関連する。

##### 2. 先行技術の説明

通常、アルミニウムがベースの金属、すなわちアルミニウムまたはアルミニウムの合金は集積回路構造の構成要素とデバイスとの間の相互接続す

- 11 -

ニウムが使用されると、アルミニウムとシリコンは相互拡散し得て、それはドーブ領域と基板との間に形成される接合より下の、たとえばソースまたはドレイン領域より下のシリコン基板へとアルミニウムが下へ移動することを引き起こし、それによりデバイスをショートさせる。

さらに、デバイスまたはデバイスの要素間の水平相互接続としてアルミニウムの層が使用されると、後で400℃を超える処理温度にさらされるとアルミニウム相互接続のいくつかの区域に小丘またはスパイクが形成され得て、今度はそれがアルミニウム層から上にある絶縁層を介してその上の異なる金属層への電気短絡を形成し得る。

アルミニウム層上でまたは2個のアルミニウム層間でチタン-タングステン合金のような導電材料を使用することは公知である。1982年12月13-15日にカリフォルニア州サンフランシスコで開催されたIEDM インターナショナル・エレクトロニクス・デバイス・ミーティングでの「光学的目的のために反射防止膜を使用するライ

- 13 -

なわち「配線」を形成するために用いられる。アルミニウムのそのような使用はバイポーラトランジスタのコレクタ、ベースおよびエミッタコンタクトまたはMOSデバイスのソース、ドレインおよびゲート電極のような集積回路構造の絶縁デバイスの個々の要素に対するコンタクトのためばかりでなく、アルミニウムのような金属の異なる層またはレベルの間で用いられる、相互接続またはパイアを含む。

そのような目的に使用されるあるいは使用される金属はアルミニウムだけではない。プラチナと金双方の金属もそのような用途に使用されている。しかしながら、低抵抗性、熱安定性および良好な導電性の優れた組み合わせのせいで、これまでアルミニウムが集積回路構造で最も広く使用される金属であった。

しかしながら、相互接続、コンタクトなどのために集積回路構造でアルミニウムを使用することには問題がある。シリコンで形成される絶縁デバイスの電極領域への電気コンタクトとしてアルミ

- 12 -

ン結晶膜」と題された論文の399-402頁で、リン(Lin)等は写真平版印刷のためにアルミニウムの反射性を高めるためにアルミニウム上にチタン-タングステン、バナジウム、およびポリシリコンのような種々の反射防止膜を使用することを検討している。

1983年11月にカリフォルニア州サンディエゴで開催されたコダック・マイクロエレクトロニクス・セミナーでの「フォトリソグラフィ線制御のための反射防止膜の使用」と題された論文でハリソン(Harrison)等はまたアルミニウム-シリコン材料上にバナジウム、チタン-タングステン、モリブデン、チタン、およびポリシリコンのような反射防止膜を使用することを検討している。この報告の引用はまた、シリコン基板でアルミニウムのスパイクが生成されるのを防ぐためにバリヤ層としてAl-Siの下でチタン-タングステンを先に使用することを開示している。

エッチング止めとして集積回路構造の2個のア

- 14 -

特開昭64-19763(5)

ルミニウム層間にチタン-タングステン層を使用することがピアス(Pierce)等の米国特許第4,267,012号で検討されている。

それゆえアルミニウムの隣接層間でのチタン-タングステンのような他の材料の使用が公知である一方で、下にあるシリコン基板へのアルミニウムの拡散のような問題はアルミニウム上にチタン-タングステンの合金のような材料が存在することにより実際に悪化し得ることがわかっている。明らかにこれは、チタン-タングステン合金とアルミニウムが相互作用して、シリコンへのアルミニウムの溶解度よりも実態により高いシリコンへの溶解度を有する金属間化合物(TixAlyWx)を形成するという事実のためである。

それゆえ、相互接続としてアルミニウム金属が使用されることにより引き起こされる問題のいくらかまたはすべてを除去するかまたは少なくとも軽減する、1より多くの導電金属層を有する集積回路構造の相互接続を提供することが望ましい。

#### 発明の概要

— 15 —

レベルの金属導体を有し、多層導電相互接続のプラッド層が下にある材料の上で良好なステップカバーレッジを示す、集積回路構造の新規な多層導電相互接続を提供することである。

この発明のなおさらなる目的は、1より多くレベルの金属導体を有し、覆れた金属1の金属2への接続が相互接続層間のバリアをスパッタエッチングせずに多層相互接続で使用される材料に依存して形成され得る、集積回路構造の新規な多層導電相互接続を提供することである。

この発明のこれらおよび他の目的は次の説明と添付の図面から明らかになるであろう。

この発明に従って、1より多くの導電層を有する集積回路のための新規な多層導電相互接続は以下のものを含む。すなわち、チタン-タングステン、および窒化チタンからなる組から選択される材料を含む下層層、アルミニウムのような導電金属の中層層、およびチタン-タングステン、窒化チタン、窒化モリブデン、および珪化タンタルからなる組から選択される上層層である。

— 17 —

それゆえ、この発明の目的は、1より多くのレベルの金属導体を有する、集積回路構造の大いに信頼できる新規な多層導電相互接続を提供することである。

この発明の別な目的は、1より多くのレベルの金属導体を有し、多層導電相互接続から下にあるシリコン領域へのアルミニウムの移動が抑制される、集積回路構造の新規な多層導電相互接続を提供することである。

この発明のまた別な目的は、1より多くのレベルの金属導体を有し、多層相互接続上での小丘またはスパイクの形成が除去されるかまたは抑制される、集積回路構造の新規な多層導電相互接続を提供することである。

この発明のさらなる目的は、1より多くのレベルの金属導体を有し、移動を抑制するために多層のうちのアルミニウム部分でシリコンを使用することが除去され得る、集積回路構造の新規な多層導電相互接続を提供することである。

この発明のまたさらなる目的は、1より多くの

— 16 —

#### 好ましい実施例の説明

この発明は、集積回路構造で種々の要素およびデバイスを相互接続するために1より多くのレベルの導電金属が使用される、集積回路構造のための新規な導電相互接続を提供する。

ここで第1図に注目すると、この発明の1つの実施例が例示されている。たとえばP型のような、1つの導電型のシリコン基板10が示されており、それはたとえばN+のような別の導電型のドープ領域14がそこに形成されており、したがってそれらの間に接合18を形成する。領域14はMOSトランジスタのソースまたはドレインあるいはバイポーラ・トランジスタのエミッタ領域のようなトランジスタの要素を被覆し得る。ドープ領域14の両側の基板10上に形成される層1の酸化物層30が示されている。

この発明の一実施例に従って、次に酸化物層30およびドープ領域14上にこの発明の多層相互接続の第1の層として第1のすなわち下層バリア層40が形成される。

— 18 —

特開昭64-19763 (6)

第1のバリア層40は、良好な導電性の電気コンタクトが形成される露出シリコンと密着する酸化膜との両方への良好な付着、および孔を避けて隣接する露出シリコンかアルミニウムのいずれかが拡散するのを防ぐだけ十分に低い多孔性を示す材料を含むべきである。

好ましい実施例では、下部バリア層40はチタン-タングステン (TiW) 合金または窒化チタン (TiN) 化合物のいずれかを含む層である。TiWが第1のバリア層40を形成するために使用されると、アルゴンの非反応性（不活性）雰囲気中で約5から15ミリの圧力で少なくとも約100℃で400℃を超えない温度を維持している間に約10ないし30重量%のチタンと70ないし90重量%のタングステンをを含むターゲットから真空スパッタリングをすることにより、たとえばドーブシリコン領域14と酸化膜層30の双方のような、貫通回路構造上に約800ないし1500ÅのTiWが生成される。

ここで使用されているような「非反応性雰囲気」

- 19 -

ることによって、1層のステップでも形成され得る。しかしながら、第1のすなわち下部のバリア層には金属チタンの基膜層を使用することが好ましく、その理由はチタン化合物または合金より下のチタン金属層が、隣接する酸化膜層にばかりでなく、電気コンタクトが作られる露出シリコンにもうまく付着するからである。

TiWまたはTiNの使用は、たとえば窒化チタンのような他のチタン化合物よりも好ましく、それはシリコンがバリア層を介して下から移動することまたはアルミニウムがバリア層を介して上から下へ移動することを防ぐ、TiWまたはTiN材料のより優れたバリア特性のためである。

第1のすなわち下部のバリア層を形成した後で、真空が解除されるか破られてこの構造を酸素にさらす。こうしてさらすことによりバリア層上に約20ないし50Åの薄い酸化膜を形成する結果となり、それはバリア層と後でその上に置かれる、アルミニウム層のような導電金属層との間の電気コンタクト抵抗に悪い影響を及ぼさずに化学バ

- 21 -

という面はスパッタリング方法をなしで送るため、アルゴンのような非反応性ガスの存在に盲及している。

バリア層40がTiNを含むときは、層40は2個のステップの方法で形成され得て、その方法はまず約5ないし15ミリの圧力でかつ少なくとも約100℃で400℃を超えない温度の非反応性アルゴンの雰囲気中でチタン金属の200ないし800Åの層をスパッタリングし、続いて50ないし60%のアルゴン/窒素の雰囲気中で同温度から約200℃までの温度でチタン原子のターゲットからチタン層上に窒化チタン (TiN) を反応的にスパッタリングする第2のステップを行なうことを含む。代替案として、チタン金属層上に形成されるTiN層は複合TiNターゲットから直接TiNをスパッタリングすることにより形成され得る。

TiN層40は、同じ温度および圧力状態の下で再び非反応性アルゴン雰囲気を用いて複合TiNターゲットから直接TiNをスパッタリングす

- 20 -

を形成する。また工程のこの点でバリア層の上層表面を酸素にさらすことによって、バリア層に酸素をその境界間でしみ込ませるかまたは充満させて、シリコンが下からまたはアルミニウムが上からバリア層を介して移動することをさらに防ぐと思われる。

この発明の実施例では、スパッタリングしたバリア層 (TiWまたはTiN) を形成した後で、真空が破られて、構造は30秒ないし1分間の間500ないし650℃の温度範囲で迅速な熱による焼鈍しをされ得る。迅速な焼鈍しはN<sub>2</sub>またはAr/N<sub>2</sub>雰囲気中で実行される。焼鈍しの目的は、シリコン-バリアのインターフェイスで深く混合しさらにまた基本的珪化物 (xが1よりも大きい、TiSi<sub>x</sub>) を形成することにより、ドーブシリコン領域に対するバリアの電気コンタクト抵抗を改良することである。焼鈍しはまた、表面でTiWNまたはTiNx (xは1より大きい) のような珪化物含有量の多い薄膜を形成することによりバリアの性能を改良する。

- 22 -



特開昭64-19763(7)

この発明の別な実施例では、TiNバリア層自体は迅速な焼鈍し方法により形成される。この実施例では、弱と弱非反応アルゴン雰囲気中でスパッタリングすることにより、約500ないし1200Åのチタンがまず生成される。次にその構造は迅速な熱による焼鈍し方法を受け、その方法は温度が迅速に上昇されて約10秒の期間内に普通は約700℃であるが、約600ないし800℃の範囲で構造を加熱する。次にその構造は約30秒ないし1分の期間N<sub>2</sub>雰囲気中でこの温度で保持される。この迅速な焼鈍しはPAPI D THERMAL ANNEALER (迅速熱焼鈍し器) として公知である特別な処理装置中で実行されて得て、この装置はチタンを酸化せずに露の表面でTiNバリアを形成する一方でシリコンレベルでのTiSi<sub>x</sub>形成を迅速に実行する能力を有する。迅速な焼鈍しはTiSi<sub>x</sub> (xは1より大きい) のような結化物を形成するように働き、それはN<sup>+</sup>、P<sup>+</sup>、またはドーパされたポリシリコン領域へのコンタクト抵抗を改良する。同時に、

- 23 -

アルゴン雰囲気中でスパッタリングすることにより付与されることが好ましい。

上部バリア層60は、アルミニウムがベースの金属を生成した後で、新たに生成されたアルミニウムがベースの金属の表面にいかなる不所望のアルミニウム酸化物が形成されることをも回避するために真空を中断せずに形成される。

上部バリア層60は、TiW、窒化モリブデン(MoSi<sub>x</sub>)、窒化タンタル(TaSi<sub>x</sub>)、またはTiNからなる、xが2またはそれ以上である範囲から選択された約800Åから1200Åの材料を含む。最初の3層の指摘された材料は特に好ましく、その理由は上部バリア層60を形成するためにこれらの材料のいずれかを使用することにより、第2の金属層を生成する前に第1の多層相互接続の表面をスパッタエッチングする必要を取り除くことになるからである。

窒化モリブデンと窒化タンタルの双方が、xが2またはそれ以上の物に等しい窒化金属化合物かまたは金属とシリコンの相なる無定形混合物のい

- 25 -

反応しなかったチタンは表面近くでTiNバリアに変わる。

下部のバリア層40の形成および酸化物層の除去で、続いてバリア層40上に2500Åから4000Åの導電金属層50が生成される。導電金属層50は金またはプラチナのような金属を含み得るが、この方法の経済性のためにアルミニウムをベースにした金属を含むことが好ましい。生成されるアルミニウムがベースの金属は純粋なアルミニウムであり得るか、または2.0重量%までの銅を含むアルミニウム-銅合金であることが好ましい。任意で2重量%までのシリコンが生成されたアルミニウム合金中に存在しても構わない。

ここで使用されるような「アルミニウムがベースの金属」という語の応用は少なくとも約90重量%のアルミニウムを含むアルミニウム合金ばかりでなく、純粋なアルミニウムを規定するよう意図したものである。

アルミニウムがベースの金属は、約5から15ミリの圧力と300℃の温度を維持しながら

- 24 -

ずれかを含み得て、さらにここでは窒化モリブデンおよび窒化タンタルというそれぞれの層を使用することにより化合物と無定形混合物の双方を包含するよう意図したものであることがさらに注目されるべきである。

図2のアルミニウム層を付与する前に先行技術において第1のアルミニウム層の表面を従来通りに浄化するためにスパッタエッチング技術を使用すると、MOS方法で使用する薄い酸化誘電体の完全性を害することが公知である。そのような状態が存在するときには、スパッタエッチングによりそれに損害を及ぼすことは回避することが望ましい。この発明の実施により、上部バリア層60としてTiW、MoSi<sub>x</sub>、またはTaSi<sub>x</sub>を用いることによりスパッタエッチングのステップを選択的に回避することができる。

しかしながら、上部バリア層としてTiNが使用されるときには、後で付与される金属層との良好な電気コンタクトを提供するように、後でスパッタエッチングが使用されて上部表面から不所望

- 26 -

特開昭64-19763 (B)

の酸化物を除去しなければならない。

下部バリヤ層40を形成する際に使用される同じ技術を用いて真空を中断せずにスパッタリングすることにより、選択されたいずれかの上部バリヤ層60が引き続き生成される。上部バリヤ層60を形成するために酸化物(MoS<sub>2</sub>、またはTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)が使用される場合には、それらは板状酸化物のターゲットからそれらをスパッタリングするかまたは別のターゲットからモリブデン/タンタルおよびシリコンを同時にスパッタリングすることにより形成される。

上部バリヤ層60の形成後、下部バリヤ層40、アルミニウムがベースの金属層50、および上部バリヤ層60を含む多層下部金属層の形成が完了され、後でこれらは集成的に相互接続層と呼ばれ、普通第1の金属層と呼ばれるものの代わりに積層回路構造で接続を果たす。

フォトリソマスクを付与し次に従来の写真平版技術を用いてマスクをパターンニングすることにより、相互接続層はここでパターンニングされ

— 27 —

なアルミニウムまたは好ましくは0.5重量%まで銅を含むアルミニウム-銅合金のいずれかを含む得る。選択的には金属層80を含む、生成されるアルミニウムがベースの金属には、2重量%までのシリコンも存在し得る。

第2の金属層80と上部バリヤ層60の上部表面との間の良好な接合を86で提供するために、層60の上部表面の露出部分が浄化されて、相互接続層と第2の金属層との間の接合86で不所望なほど高いコンタクト抵抗を与える酸化物を除去することが必要である。

上部バリヤ層60がMoS<sub>2</sub>またはTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を含むときには、40:1の割合でH<sub>2</sub>のような極性エッチング液に構造をしばらく浸すことによりその表面は浄化され、酸化物上で成長したSiO<sub>2</sub>を除去し得る。上部バリヤ層60を形成するためにTiWが使用されている場合には、CP<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>またはCF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>またはSF<sub>6</sub>/H<sub>2</sub>eのようなフッ素化学に基づいたプラズマエッチングが使用されて、TiW酸化物を除去する。こ

— 29 —

て所望の相互接続ならぬ配線のまともな取付けを形成し得る。

次に相互接続層はCHCl<sub>3</sub>、CCl<sub>4</sub>、SiCl<sub>4</sub>、およびCF<sub>4</sub>のガス混合物のような従来のプラズマ/反応イオンエッチング化学を用いてフォトリソマスクを介してエッチングされ、引き続き複合サンドイッチ状金属を介してエッチングされる。

この発明の相互接続層をパターンニングした後で、この構造は従来の処理を受けて、普通第2の金属層と呼ばれる、後で付与される金属層からこの発明の相互接続層のパターンニングされた部分を分離するように層2の酸化物を形成し得る。

それゆえ第1図に示されるように、第2の酸化物層70は従来の通り形成されかつパターンニングされ、さらにたとえばアルミニウムがベースの金属層のような第2の金属層80が次に付与されかつパターンニングされる。第1図に示されるように、第2の金属層80は相互接続の上部層60と86で接合を形成する。第2の金属層80はまた純粋

— 28 —

れは約100ないし200ミリの圧力で30秒ないし1分間に約50ないし200ワットを使用する低電力の方法となる。先に検討されたように、上部バリヤ層60を形成する際にTiNを使用するには、従来のスパッタエッチングを使用してその上に第2の金属層80を生成する前に表面を浄化する必要があり得る。

この点に関してはおそらく次のことに注目すべきであり、すなわち、相互接続層の形成においては、約20ないし50Åの、下部バリヤ層40上に形成される酸化物層の厚さは後で付与されるアルミニウム層50が入り込み得るので、たとえば下部バリヤ層40が空気にさらされたとしても下部バリヤ層40上のアルミニウム層50の形成はそのような浄化ステップを経ずに進められ得る。しかしながら、上部酸化物層70を形成すると、上部バリヤ層60の上部表面を酸化物が十分に成長する温度にさらし、その結果86で所望の低抵抗コンタクトを提供するためにそのような浄化ステップが必要となる。

— 30 —

## 図4-19763 (B)

ここで第2図および第3図に注目すると、基本的プロセスの変化を表わす、この発明の別な実施例が示されており、そこでは相互接続層の第1のバリヤ層40を形成する前にマスクとして酸化物30を用いてシリコン基板10のドーパ領域14上に自己整列した金属化合物のコンタクトが形成され、相互接続層とシリコン基板との間により良好なコンタクトを達成する。

第2図に示されるように、シリコンに反応して金属化合物を形成することができる金属の層36がドーパ領域14および酸化物層30上に付与される。金属層36はその表面上にプラチナまたはチタンのような金属の150Åないし400Åの層をスパッタリングすることにより形成され得る。次にこの構造は約500ないし700℃の温度で約30秒までの間アルゴンまたは窒素の雰囲気のような酸媒が少しもない非反応性雰囲気中で焼成されて、その金属を焼結しかつその金属がシリコンとコンタクトしているところではどこでも金属化合物を形成する。その結果は、第3図に示され

- 31 -

るように、シリコン基板10のドーパされたシリコンコンタクト領域14の周に選択的に形成される、TiSi<sub>2</sub>またはP<sub>2</sub>Si<sub>5</sub>のような自己整列した金属化合物層22である。

代替案として、その構造は約2秒までの期間約700℃の温度で先に説明された迅速な焼結プロセスを受けて、金属化合物を形成し得る。

いずれのプロセスでも、プラチナに対する王水エッチングまたはチタンに対する水酸化/過酸化アンモニウムエッチングのような、未反応の金属に選択的に働くエッチング液を用いて、未反応の金属がそのとき除去される。構造から未反応の金属を除去した後で、相互接続層の下部バリヤ層40の形成は先に説明されたように通り、第3図に示される構造を生ずる結果となり得る。

この発明の実施例のいずれかを実施すると、結果的にはシリコンのいずれかのアルミニウムの被膜が防げられるか抑制されかつアルミニウムのスパイクおよび小丘の形成が防げられるか抑制される相互接続層を有する、改良されたより信頼でき

- 32 -

る集積回路構造が生じる。下部および上部バリヤが存在するせいで、金属1の相互接続の電気移動抵抗が増し、したがって集積回路をより信頼できるものにする。この発明の相互接続層はまた反射防止層として働き、細いラインをプリントする際に質の高い写真複写印刷を可能にする。相互接続層と金属2の層との間の電気接続は、所望されるならば、スパックエッチングを必要としなくても増強され、優れた信頼性を備えた構造となる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明に従って形成される多層相互接続の部分縦断面図である。

第2図はこの発明に従って形成される多層相互接続の別な実施例の予備構成ステップの部分縦断面図である。

第3図は多層相互接続を完成した後、第2図の実施例の部分縦断面図である。

第4図はこの発明の工程を示すフローシートである。

図において、10はシリコン基板、14はドー

- 33 -

パ領域、30は第1の酸化物層、40は下部バリヤ層、50は導電金属層、60は上部バリヤ層、70は第2の酸化物層、80は第2の金属層である。

発明者 アドバンスド・マイクロ・デバイス・インコーポレーテッド

代理人 弁理士 森 見 久 郎

(ほか2名)



- 34 -

特開2004-19763 (A)

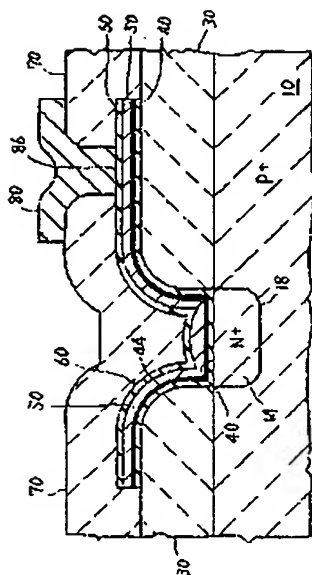


FIG. 1

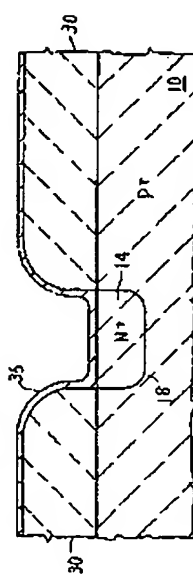


FIG. 2

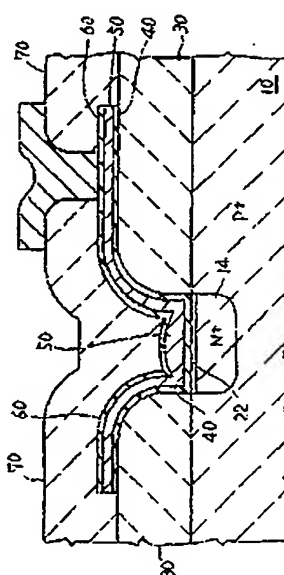


FIG. 3

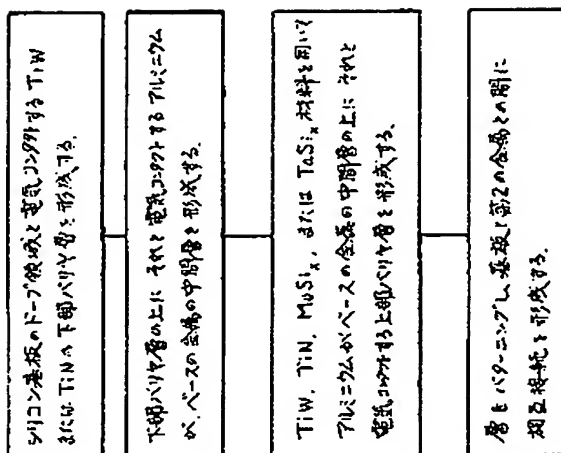


FIG. 4